

Untersuchungen zur Wasser- und Mineralstoff- Versorgung der Rinde bei Pflanzen mit einem geschlossenen Sklerenchymring

Inauguraldissertation
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von

ALBIN HEINRICH

aus Rodisfort

Stuttgart

Gustav Fischer Verlag

1958

Untersuchungen zur Wasser- und Mineralstoff- Versorgung der Rinde bei Pflanzen mit einem geschlossenen Sklerenchymring

Inauguraldissertation
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von
ALBIN HEINRICH
aus Rodisfort

Stuttgart
Gustav Fischer Verlag



Als Dissertation genehmigt von der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Februar 1958

Dekan: Universitätsprofessor Dr. R. FLEISCHMANN

Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. J. SCHWEMMLE

Berichterstatter: Privatdozent Dr. E. HAUSTEIN

Untersuchungen zur Wasser- und Mineralstoffversorgung der Rinde bei Pflanzen mit einem geschlossenen Sklerenchymring

Aus dem Botanischen Institut der Universität Erlangen

Von

ALBIN HEINRICH

Mit 13 Abbildungen

Eingegangen am 18. März 1958

Einleitung

Bei einer Anzahl von Pflanzen (*Psilotum*, *Primula obconica*, *Aristolochia* u. a.) ist das Sklerenchym in Form eines geschlossenen Hohlzylinders ausgebildet. Stengelquerschnitte von *Aristolochia clematitis* z. B. zeigen, daß der Sklerenchymzylinder im Bereiche des oberirdischen Sprosses lediglich in den Nodien durch die Blattspurstränge unterbrochen ist. In den Internodien ist das Sklerenchymgewebe geschlossen, so daß die nach außen angrenzende Rinde von den übrigen lebenden Bauelementen und den Gefäßbündeln allseits durch diese leblose, mehrzellige Scheide getrennt ist.

Noch nicht geklärt ist die Frage, auf welchem Wege hierbei die assimilierende Rinde mit Wasser und Mineralstoffen versorgt wird. Offensichtlich bestehen rein theoretisch zwei Möglichkeiten: Entweder die Rinde erhält das Wasser und die Mineralsalze von den Gefäßbündeln her im Internodium, oder es erfolgt die Versorgung der Rinde von den Nodien aus. Für die erste Annahme sprechen Untersuchungen von STOUT und HOAGLAND (1939), sowie TIETZ (1954) an *Salicaceae* und *Geraniaceae*, die eine laterale Ausbreitung von Mineralstoffen feststellen konnten. Dieser Weg ist auch deshalb wahrscheinlicher, weil die Entfernung von den Gefäßbündeln zur Rinde bestenfalls 1–2 mm

beträgt, während das Wasser von den Nodien her etwa die 50fache Entfernung zurücklegen muß. Es gilt daher, einen eindeutigen Nachweis des bevorzugten Versorgungsweges zu erbringen. Naheliegend war dabei die Verwendung von leicht nachweisbaren, pflanzenunschädlichen Indikatoren, die mit dem Transpirationsstrom in den Gefäßbündeln aufsteigen und den Wasserweg außerhalb der Gefäße markieren. Verwendet wurden Fluoreszenzfarbstoffe (BAUER-SCHUMACHER, STRUGGER) und radioaktive Isotope (BIDDULPH und MARKLE, BURRIS, MARTIN und RUSSEL).

Die hier vorliegenden Untersuchungen sind in den Jahren 1954—56 am Botanischen Institut der Universität Erlangen durchgeführt worden.

An dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. SCHWEMMLE, für die Anregung und die Ratschläge zu diesen Untersuchungen, sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung der Mittel danken.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. ARNOLD für manche wertvolle Hilfe.

Den Herren Dr. REUSS und Dr. DITTMAYER an der Universitätsfrauenklinik Erlangen danke ich für die Unterstützung während der Einarbeitung in die Isotopentechnik.

II. Der Nachweis des Versorgungsweges mit Fluoreszenzfarbstoffen

1. Material und Methode

Außer einigen orientierenden Versuchen an *Psilotum*, *Primula obconica* und *Aristolochia elegans* wurde bei den hier wiedergegebenen Versuchen *Aristolochia clematidis* verwendet. Die Pflanzen, von möglichst gleicher Größe, Internodien- und Blattzahl wurden im ersten Internodium über dem Boden unter Wasser abgeschnitten und bis zur Wassersättigung in einem geeigneten Wasserbehälter belassen. Die frisch angesetzten Farblösungen standen in Erlenmeyer-Kolben von 50 und 100 ccm für die Experimente bereit. Die Temperatur der Farblösungen und die des Wassers waren dabei gleich der Zimmertemperatur. Um Verbiegungen zu vermeiden, erwies es sich als notwendig, die Pflanzen während der Versuche an Stativen aufzuhängen. Nach diesen Vorbereitungen wurden die Pflanzen bei Versuchsbeginn mit der basalen Schnittfläche 1 bis 1,5 cm tief in die Farblösungen eingestellt. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtverhältnisse und Luftbewegung standen unter Kontrolle und wurden soweit als möglich konstant gehalten.

Die verwendeten Fluoreszenzfarbstoffe:

Oxyphenyl, gelöst in Leitungswasser	1: 100, pH 7,1
Oxyphenyl, gelöst in Leitungswasser (Bayer Nr. 511965)	1: 500, pH 6,64
Berberinsulfat, gelöst in aqua dest.	1: 100, pH 5,35
Berberinsulfat, gelöst in aqua dest. (Merck Nr. 1815)	1: 500, pH 4,86

Rhodamin B, gelöst in Leitungswasser (Merck Nr. 7600)	1:1000, pH 6,93
Fluorescein-Natrium gel. in aqua dest. (Merck Nr. 3992)	1: 200, pH 9,2
Primulin O, gelöst in Leitungswasser (Bayer G 1356/60/25)	1: 100, pH 7,2

Die angeführten pH-Wert-Messungen wurden mit dem Präzisionsionometer II nach LAUTENSCHLÄGER durchgeführt.

Der Nachweis der Farbstoffausbreitung erfolgte durch die mikroskopische Untersuchung von Stengelquerschnitten. Um ein Verwischen der beim Schnitt austretenden Flüssigkeit zu vermeiden war es nötig, bei der Anfertigung der Handschnitte auf beide Seiten der Messerschneide eine dünne Schicht von Paraffinöl aufzutragen. Die mehrere Zellagen umfassenden Schnitte wurden sodann auf einem Objektträger in einen Tropfen Paraffinöl gebettet und sofort mit dem UV-Mikroskop (REICHERT, Lux-UV-Fluoreszenzeinrichtung) bei einer 120- bzw. 540fachen Vergrößerung untersucht. Die Zeit zwischen Schnittanfertigung und Beobachtung betrug etwa 30 sec. Die beigefügten Mikroaufnahmen sind bei einer Belichtung zwischen 10 und 15 Minuten mit der Leica angefertigt worden.

2. Die Versuche

a) Das Aufsteigen der Farbstofflösungen in der Pflanze

Im ersten Teil der Untersuchungen wurde das Aufsteigen, die Ausbreitung und Speicherung der verschiedenen Farbstoffe unter möglichst günstigen Transpirationsbedingungen geprüft. Hierbei wurden je Versuch vier Pflanzen gleichzeitig in die Farbstofflösung gestellt und die erste 30 Minuten, die zweite eine Stunde, die dritte zwei Stunden und die vierte Pflanze vier Stunden in dieser belassen. Nach diesen Zeiten wurden von jeder Versuchspflanze Stengelquerschnitte hergestellt. Bei anderen Versuchsreihen erfolgte die Anfertigung der Stengelquerschnitte 15, 45, 90 und 180 Minuten nach Einbringung der Pflanze in die Lösung. Vergleiche mit kurzen (3–10 Minuten), sowie sehr langen Einstellzeiten (6, 12, 24 Stunden) sollten die Versuchsreihen vervollständigen. Bei kathodischen und anodischen Farbstoffen tritt bei einer Versuchsdauer von mehr als 12 Stunden offenbar eine Schädigung der Pflanze ein, die zum Verwelken führt. Die Experimente mit dem neutralen Farbstoff dagegen konnten bei Erneuerung der Flüssigkeit bis zu 2 Wochen ausgedehnt werden, ohne daß bei der Pflanze irgendwelche sichtbaren Schäden eintraten. Die mehrfach wiederholten Ver-

suche ergaben bei der Untersuchung der jeweiligen Querschnittsbilder keine grundsätzlich abweichenden Resultate.

Läßt man Oxypyren aufsteigen, so wandert es rasch im Xylem des Leitbündels in die Pflanzen ein und ist bereits nach 15 Minuten in allen Gefäßen der Pflanze zu finden. Mit zunehmender Versuchsdauer ist eine radiäre Ausbreitung des Farbstoffes um die Gefäßbündel zu erkennen (Abb. 1), die diffus vor sich geht, bis der ganze Pflanzen-

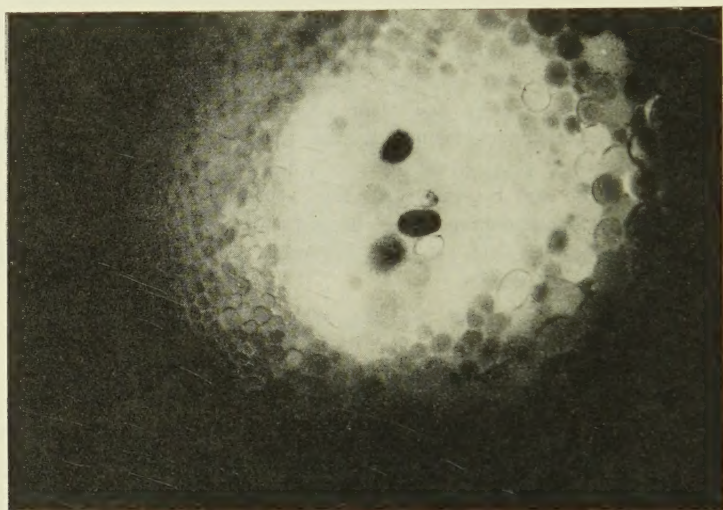


Abb. 1. Stengelquerschnitt des 2. Internodiums nach dem Aufsteigen von Oxypyren. Versuchsdauer 30 Min. Vergr. 120fach. Radiäre Ausbreitung um das Gefäßbündel.

querschnitt einschließlich der Rinde in einer grünen Fluoreszenz erstrahlt (Abb. 2). Bei einer stärkeren Vergrößerung läßt sich feststellen, daß an der Grenze der Farbstoffausbreitung das Fluorochrom in den Membranen früher erscheint und erst sekundär eine Anfärbung des Protoplasmas eintritt.

Die Querschnittsbilder der Pflanzen, bei denen Berberinsulfat als Indikator verwendet wird (Abb. 3), sehen dagegen anders aus. Auch hier erfolgt zuerst vom Xylem ausgehend eine Anfärbung der Gefäßbündel, die in gelber Farbe aufleuchten. Doch läßt sich im Gegensatz zu Oxypyren keine klar erkennbare diffuse Ausbreitung des Farbstoffes außerhalb der Gefäßbündel feststellen. Lediglich bei starker Vergröße-

rung ist eine schwache Fluoreszenz der Membranen in der Umgebung der Gefäßbündel zu sehen. Der Sklerenchymring färbt sich dann zuerst

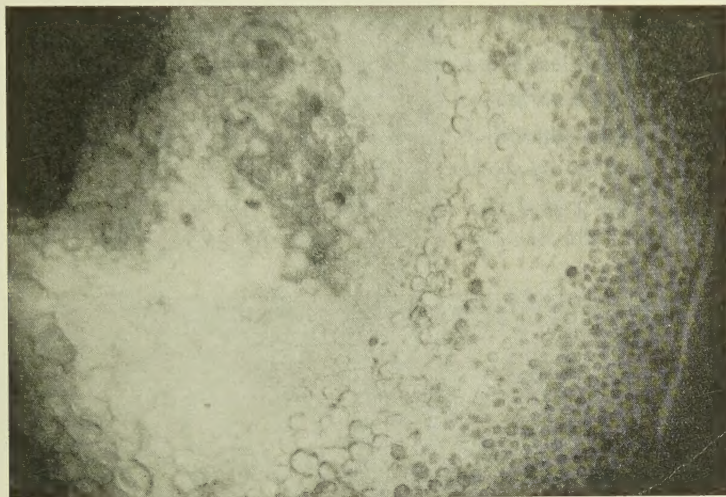


Abb. 2. Stengelquerschnitt des 3. Internodiums nach 4stündigem Aufsteigen von Oxyphyren. Vergrößerung 120fach.

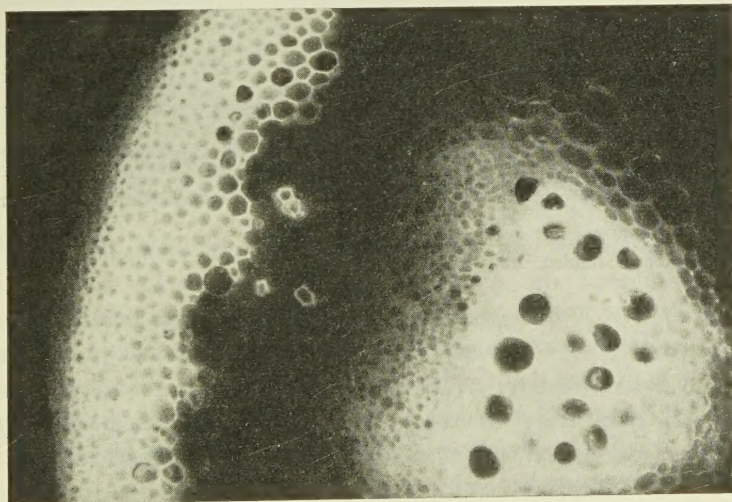


Abb. 3. Stengelquerschnitt des 3. Internodiums nach dem Aufsteigen von Berberinsulfat. Versuchsdauer 90 Min. Vergr. 120fach. Anfärbung von Gefäßbündel und Sklerenchym.

an den Stellen an, die den Gefäßen am nächsten liegen. Nach einer Stunde fluoreszieren das Sklerenchym und die Gefäße in hellgelbem Licht, während die übrigen Räume des Querschnitts beinahe dunkel erscheinen.

Bei dem neutralen Rhodamin B zeigen die Stengelquerschnitte nach dem Aufsteigen des Farbstoffes eine deutlich goldgelbe Fluoreszenz der Gefäßbündel und des Sklerenchymrings. Bereits im Lichtmikroskop ist an diesen Stellen die Farbstoffspeicherung gut zu erkennen (Abb. 4). In den anderen Teilen des Querschnitts ist nur bei starker Vergrößerung eine schwache selektive Anfärbung nachweisbar.

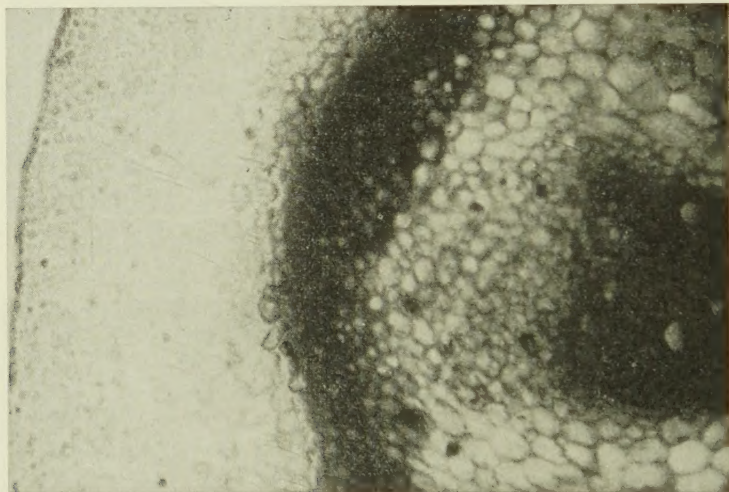


Abb. 4. Stengelquerschnitt des 3. Internodiums nach dem Aufsteigen von Rhodamin B. Versuchsdauer 2 Stunden. Vergrößerung 120fach.

Die Versuche mit Fluorescein-Natrium ergeben nach dem Aufsteigen des Farbstoffes in den Querschnittsbildern eine Fluoreszenz in grünem Licht. Vom Xylem der Gefäßbündel breitet sich der Farbstoff diffus über den gesamten Querschnitt des Stengels aus, wie dies bei Oxypyren der Fall war. Eine Membranfärbung konnte in keinem Stadium der Farbstoffausbreitung beobachtet werden.

Interessant ist das Verhalten von Primulin O. Als kolloiddisperses Fluorochrom besitzt es eine schnell diffundierende Komponente, die



Abb. 5. Stengelquerschnitt des 2. Internodiums nach dem Aufsteigen von Primulin O. Versuchsdauer 1 Stunde. Vergrößerung 120fach.

sich sehr rasch in ultramariner Farbe bis in die Rinde ausbreitet, während die zweite Phase dieses Farbstoffes gelb aufleuchtet und Gefäßbündel sowie Sklerenchym in dieser Farbe erscheinen läßt (Abb. 5).

b) Ringelungsversuche

In weiteren Versuchsreihen sollte die Versorgung der Rinde allein von den Gefäßbündeln her erfaßt werden. Zu diesem Zweck wurden in einem bestimmten Internodium an zwei Stellen Sklerenchym und Rinde in einem Bereich von 5 mm abgeschält und somit die Wasser-

und Mineralstoffversorgung des zwischen beiden Ringelungsstellen liegenden Rindenparenchyms von den Nodien her unmöglich gemacht (Abb. 6). Die Ringelungsstellen selbst waren mit Lanolinfett und Cellophanstreifen gegen Verdunstung geschützt. Hier konnte also der Farbstoff nur von den Gefäßbündeln her in die Rinde gelangen. Die Ausführung der Versuche erfolgte in derselben Weise wie dies unter a) (s. S. 419) beschrieben ist. Verwendet wurden als Indikatoren Oxypyren, Rhodamin B und Berberinsulfat. Die Querschnittsbilder dieser Versuchsreihen ließen nach dem Aufsteigen der einzelnen Farbstoffe die gleiche Ausbreitung der Indikatoren in dem geringelten Internodium erkennen, wie dies bei den nicht geringelten Pflanzen der Fall war.

c) Gelatineversuche und Rindenschälversuche

Um andererseits Aufschluß über die Versorgungsmöglichkeit von den Nodien her zu erhalten, wurden die Gefäße mit Gelatine verstopft (5 ‰, gelöst in Wasser). Damit waren die Gefäße als Leitungsweg für

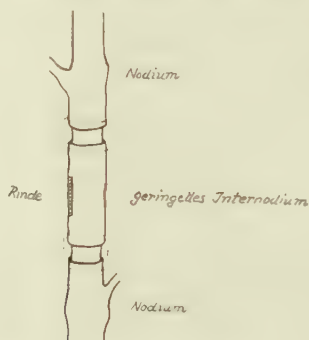


Abb. 6. Schematische Darstellung der doppelten Ringelung.

das Wasser ausgeschaltet. Nach dem Hochsteigen der Gelatinelösung wurden die Pflanzen nochmals unter Wasser abgeschnitten und in die verschiedenen Farbstofflösungen gestellt. Trotz Ausdehnung der Versuche bis zum Welken der Pflanzen konnte nirgends Farbstoff nachgewiesen werden. Lediglich von der Schnittfläche aus war der Farbstoff einige Millimeter hoch in die Pflanzen eingewandert.

Der direkte Nachweis des Farbstoffes in der Rinde gelang auf einfache Weise durch das Abschälen kleiner Rindenstückchen, die bei einer starken Vergrößerung untersucht wurden. Diese Experimente erfolgten im Zusammenhang mit dem unter a) (s. S. 419) durchgeführten Versuchsreihen, um die bei den Querschnitten möglichen Fehlerquellen (Verwischen, Quetschungen etc.) auszuschalten. Bei Oxypyren und Fluorescein-Natrium kann die Fluoreszenz im abgeschälten Rindenstückchen einwandfrei beobachtet werden, während bei Berberinsulfat und Rhodamin B eine so eindeutige Aussage über die Anwesenheit des Indikators nicht möglich ist, da diese Farbstoffe keine diffuse Plasmafärbung hervorrufen.

3. Kurze Zusammenfassung und Versuchsergebnisse

Bei den besprochenen Untersuchungen darf nicht außer acht gelassen

werden, daß die Querschnittsbilder lediglich die statischen Verhältnisse der Speicheraffinitäten der verwendeten Farbstoffe wiedergeben, die durch chemische, elektroadsorptive Bindung oder durch die Lösungsaffinität zustande kommen. Die Verschiedenartigkeit der Fluoreszenzbilder ergibt sich demnach aus ihren unterschiedlichen chemo-physikalischen Eigenschaften. So wird das Berberinsulfat wegen seines basischen Charakters sehr stark von den Gefäßwänden und Zellmembranen elektrostatisch adsorbiert und erst oberhalb pH 10 vom Plasma aufgenommen (STRUGGER). Daraus erklärt sich ohne weiteres die starke Fluoreszenz der toten Zellelemente des Gewebes, wie dies auch Abb. 3 zeigt. Das feindisperse Oxypyren, bei dem die chromophore Gruppe als Anion vorliegt, wird infolge der gleichen Ladung von den Gefäßwänden nicht gespeichert. Als sulfosaurer Farbstoff wird er nicht sofort vom lebenden Protoplasma aufgenommen (STRUGGER). Damit ließe sich auch die Nachweismöglichkeit des Farbstoffes primär in den Membranen, sowie seine sekundäre diffuse Ausbreitung im Plasma erklären. Fluorescein-Natrium dagegen wird vom Plasma der Zellen sehr rasch gespeichert und der Farbstoff erscheint in den Querschnittsbildern als diffuse Fluoreszenz, wie dies ja auch sekundär bei Oxypyren festgestellt werden kann. Das neutrale, stark lipophile Rhodamin B gehört zu den schwach dissoziierten Farbstoffen. Bei ihm ist eine elektroadsorptive Speicherung theoretisch unmöglich. Dieser Eigenart verdankt vermutlich der Farbstoff bei Vitalfärbungen seine Unschädlichkeit.

Bei der Betrachtung der Versuchsergebnisse lassen sich Feststellungen treffen, die für alle Farbstoffe gültig sind:

1. Es ist in allen Fällen eine Anfärbung der Gefäßbündel und des Sklerenchymrings nachweisbar.
2. Die Anfärbung des Sklerenchymrings erfolgt auch dann, wenn andere Wanderungswege des Farbstoffes außerhalb der Gefäße durch doppelte Ringelung ausgeschaltet sind.
3. Wurden die Gefäße mit Gelatine verstopft, so ist kein Farbstoff in der Pflanze nachweisbar.

Die Anfärbung der Rinde selbst konnte sowohl bei Rindenschälversuchen als auch an Querschnittsbildern nach dem Aufsteigen von

Oxypyren und Fluorescein-Natrium beobachtet werden. Bei den übrigen Farbstoffen war auf Grund ihres anderen Speicherungsverhaltens der Nachweis nicht mit derselben Eindeutigkeit möglich.

Damit aber konnte gezeigt werden, daß sich die Farbstoffe von den Gefäßen über den Sklerenchymzylinder bis in die Rinde ausbreiten können.

Die Ergebnisse wurden an Hand von Stengelquerschnitten und deren mikroskopischen Untersuchung erzielt. Dies bedeutet jedoch eine gewisse Unsicherheit, da durch Verletzung der Protoplasten beim Schnitt nachträglich Speicherungsveränderungen eintreten können. Wenn auch das Paraffinöl auf beiden Seiten der Schneide des Messers ein Austreten und Verwischen der Farbstoffe im wesentlichen verhindert, so können dennoch in der Zeit zwischen Schnitt und Beendigung der fluoreszenz-optischen Untersuchung im Mikroskop unkontrollierbare Veränderungen auftreten. Auch das Einbetten des Präparates in Paraffinöl ist mit einer methodischen Unsicherheit behaftet, da dabei ein Sauerstoffmangel auftreten kann, wodurch der von STRUGGER beschriebene Asphyxieeffekt eintritt. Das gilt vor allem auch für die hier beigelegten Abbildungen, bei denen das Präparat während des Photographierens bis zu 15 Minuten in Paraffinöl eingebettet den UV-Strahlen ausgesetzt war. Das Welken der Pflanze bei längerer Versuchsdauer, das bei kathodischen und anodischen Farbstoffen auftritt, zeigt, daß die elektrische Ladung der chromophoren Gruppe im Gegensatz zu neutralen Farbstoffen nicht unwirksam bleibt.

III. Der Nachweis des Versorgungsweges mit radioaktiven Isotopen

Bei den Fluoreszenzfarbstoffen können mit der geschilderten Untersuchungstechnik nur Momentbilder an Einzelschnitten gewonnen werden. Die Verwendung von radioaktiven Isotopen dagegen ergibt die Möglichkeit, die Ausbreitung des Indikators fortlaufend zu beobachten, ohne daß eine Verletzung der Pflanze notwendig ist.

1. Material und Methode

Bei diesen Versuchen war die Verwendung eines Mineralstoffes naheliegend, der auch unter natürlichen Bedingungen mit dem Transpirationsstrom in die Pflanze einwandert. Die Wahl fiel auf Phosphor als radioaktives Isotop, das durch seine günstige

Halbwertszeit (14,3 Tage) die Untersuchungstechnik erleichterte (MEYER-SCHÜTZMEISTER). Um auch hier eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, wurde zusätzlich radioaktives Jod (Halbwertszeit 8 Tage) eingesetzt. Die Präparate waren praktisch trägerfrei und lagen in der Verbindung Na_2HPO_4 und NaJ vor.

Die Meßanordnung zum Nachweis der radioaktiven Strahlen bestand aus zwei Beta-Glocken-Zählrohren mit sehr dünnen Fenstern, die sich in je einem Messingzylinder von 2 mm Wandstärke befanden (Abb. 7 u. 8). Der abnehmbare Boden der

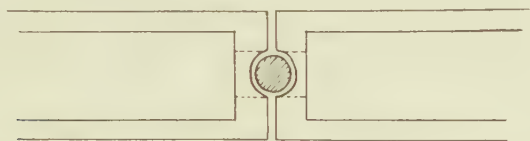


Abb. 7. Längsschnitt durch die Zählrohranordnung.

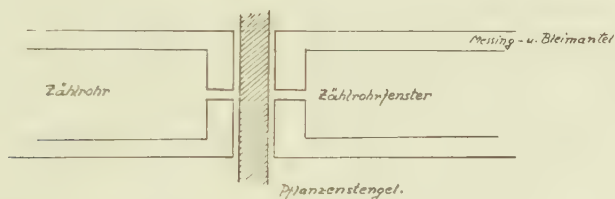


Abb. 8. Querschnitt durch die Zählrohranordnung.

beiden Messinghülsen besaß in der Mitte eine halbkreisförmige Bohrung von 8 mm Durchmesser, so daß beim Aneinanderlegen der Bodenaußenflächen eine runde Öffnung entstand, in der der Stengel gerade Platz hatte. Senkrecht zu dieser Bohrung war ein Spalt von 5 mm Länge und 1 mm Breite eingefräßt. Beide Zählrohre wurden gemeinsam an ein Strahlungsmeßgerät (Type FH 44) der Firma FRIESEKE-HÖPFNER angeschlossen. Damit gelang es, die aus dem Pflanzenquerschnitt in Höhe des Spaltes austretenden Beta-Strahlen des Phosphors als Impulse zu erfassen. Durch die Verwendung der beiden Zählrohre war es möglich, trotz des engen Spaltes einen verhältnismäßig großen Raumwinkel auszunützen, sowie den Einfluß der Absorption der Beta-Strahlen im Stengelquerschnitt zu vermindern. Auf diese Weise konnte eine relativ hohe Empfindlichkeit der Meßanordnung erzielt werden. Zur strahlensicheren Abschirmung der Zählrohre wurden die Messingzylinder zusätzlich mit einem Bleimantel von 2 mm Dicke versehen. Die Anordnung der Zählrohre bei der Messung an der Pflanze ist aus Abb. 9 ersichtlich.

Die Vorbehandlung der Versuchspflanze bis zum Einstellen in die Testlösung war dieselbe wie bei den Experimenten mit Fluoreszenzfarbstoffen. Die Lösungsaktivität der angebotenen Flüssigkeit mußte so gewählt werden, daß nach dem Aufsteigen des Isotops eine genügend hohe Impulsanzeige erfolgte, ohne daß eine Schädigung der Pflanze eintrat. Diese Aktivität, in Vorversuchen ermittelt, lag zwischen 3 und 11 Mikro-Curie pro ml Leitungswasser. Bei der Berechnung der Anfangskonzentration wurde der zeitliche Aktivitätsabfall der Stammlösung zwischen dem Zeitpunkt der auf dem Lieferschein angegebenen Messung und dem Zeitpunkt des Versuches berücksichtigt. Der Erlenmeyer-Kolben, in dem sich die radioaktive Lösung befand, war mit Ausnahme einer kreisförmigen Aussparung für die Versuchspflanze allseitig von einem 1 cm dicken Bleipanzer umgeben. Diese Abschirmung war notwendig, um die in der Lösung durch Abbremsung der Beta-Strahlen entstehende Gamma-Strahlung einigermaßen abzufangen.

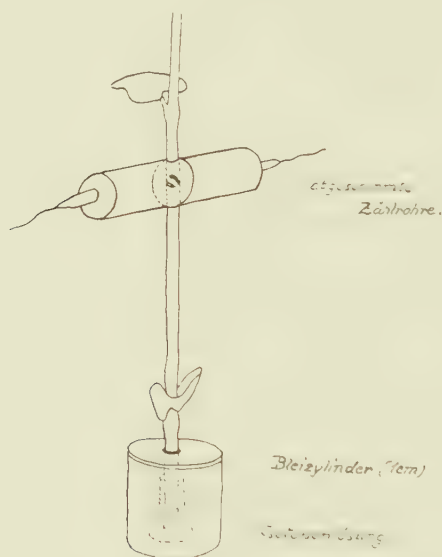


Abb. 9. Versuchsanordnung bei den Steig- und Ringelungsversuchen.

Die beim Umgang mit radioaktiven Isotopen empfohlenen Arbeitsvorschriften, wie getrennte Arbeitsplätze für die Applikation des Indikators und die Untersuchung des Materials, sowie die Überprüfung von Apparaturen, Arbeitsraum und Experimentator auf radioaktive Verseuchung, sind in vollem Umfange beachtet worden. Auch auf die gründliche Reinigung der Glasgefäße und Instrumente mit Wasser bzw. Aceton und die sichere Beseitigung der radioaktiven Abfälle wurde Wert gelegt (SCHWIEGK).

Vor jedem Versuch erfolgte zur Kontrolle der Abschirmung die Bestimmung des Null-Effektes, d. h. der Zahl der Impulse, die bei vollständiger Versuchsanordnung ohne die eingestellte Pflanze durch Streustrahlung im Raum sowie die durchdringende Höhenstrahlung etc. hervorgerufen wird. Um zu zeigen, daß die Versuchsanordnung nur dann anspricht, wenn Beta-Strahlen durch den Spalt in die Zählrohre eintreten, wurde auf ein Stückchen Filtrierpapier ein Tropfen radioaktive Phosphorlösung aufgetragen, dieses in einen Cellophanzylinder, der etwa die Abmessung des Stengels hatte, eingeschlossen und am Spalt vorbeibewegt. Die vom Zählwerk des Meßgerätes in den einzelnen Stellungen des Streifens gemessenen Impulse pro Minute sind in der folgenden Tabelle in Abhängigkeit von der Entfernung zum Spalt angeführt.

Tabelle 1
Meßergebnisse eines Kontrollversuches.

Entfernung zum	
Fenster in cm	Imp/min.
10	63.2 ± 5.7
5	62.8 ± 4.1
2.5	67.0 ± 4.8
1.0	68.0 ± 4.2
0.5	71.0 ± 3.4
Fenster	
0	1690.0 ± 4.2
0.5	69.0 ± 6.1
1.0	70.0 ± 4.9
2.5	66.1 ± 7.5
5	63.5 ± 5.0
10	64.0 ± 4.6

Dieser Versuch zeigt, daß nur dann signifikant über dem Null-Effekt liegende Impulse gezählt werden, wenn sich radioaktiver Phosphor vor dem Spalt befindet. Für den Fall, daß an Stelle des P^{32} bei diesem Versuch J^{131} verwendet wird, ist dieser scharfe Anstieg nicht zu erreichen, da die Abschirmung für die Jodstrahlung nicht ausreicht. Hierbei tritt je nach der Entfernung der Strahlungsquelle eine verschieden hohe Überlagerung der Impulsrate ein.

2. Versuche mit radioaktivem Phosphor und Jod

a) Das Aufsteigen des radioaktiven Phosphors

Der Ablauf eines solchen Versuches soll hier an Hand des Versuchsprotokolls geschildert werden.

Zuerst erfolgt die Bestimmung des Null-Effektes, indem zehnmal hintereinander die Anzahl der Impulse pro Minute abgelesen wird:

56	—	6	36
58	—	4	16
61	—	1	1
62		0	0
60	—	2	4
58	—	4	16
63	+	1	1
68	+	6	36
72	+	10	100
64	+	2	4
62		0.2	214

$$s^2 = \frac{1}{n-1} [\Sigma(a^* - a_1)^2 - n \cdot \bar{f}^2]$$

$$s^2 = 1/9 (214 - 10(0.2)^2)$$

$$s^2 = 23.73$$

$$\sqrt{23.73} = 4.8$$

Die Berechnung der mittleren quadratischen Abweichung der so gewonnenen Werte ergibt demnach

$$62.0 \pm 4.8 \text{ Imp/min.}$$

Die Aktivität der radioaktiven Phosphorlösung ist bei Beginn des Versuches 3.34 Mikro-Curie/ml.

Die Temperatur beträgt 20° C, die relative Luftfeuchtigkeit 65 %.

Nun wird die Versuchspflanze nach der schon früher beschriebenen Vorbereitung (s. S. 418) so befestigt, daß sich der Spalt der Meßanordnung in Höhe des dritten Internodiums (23 cm von der Schnittfläche entfernt) befindet. Die Pflanze steht dabei immer noch mit ihrer basalen Schnittfläche in dem Wassergefäß, in dem sie zum Versuch vorbereitet worden war. An der Meßstelle wird sodann der Stengel mit einem dünnen Cellophanstreifen umwickelt, um während des Versuches eine Verseuchung der Zylinderböden zu vermeiden. Vom Zeitpunkt der Überführung der Pflanze in die radioaktive Lösung (14.50 Uhr) wird in kurzen Abständen jeweils eine Minute lang die Zahl der Impulse pro Minute abgestoppt. In der Tabelle 2 sind die am Ende der betreffenden Minuten abgelesenen Werte angeführt.

Tabelle 2

Meßprotokoll der Impulswerte pro Minute

Zeit	Imp/min.
14.50	Null-Effekt
14.52	120
14.53	214
14.55	300
15.00	522
15.05	657
15.10	704

Die Aufzeichnung des zeitlichen Anstieges der Impulsraten zeigt die Abbildung 10, wobei der Null-Effekt als Parallele zur Abszisse eingetragen ist.

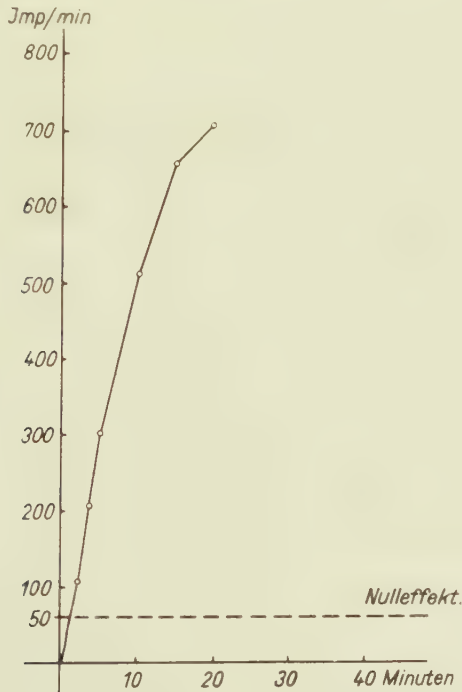


Abb. 10. Graphische Darstellung der in Tabelle 2 aufgezeichneten Meßwerte.

Insgesamt wurden zwölf derartige Versuche durchgeführt. In der Abbildung 11 sind vier dieser Experimente graphisch dargestellt; die übrigen ergaben kein wesentlich anderes Verhalten. Hieraus ist zu erkennen, daß der Aufstieg des Isotops mit dem Transpirationsstrom so

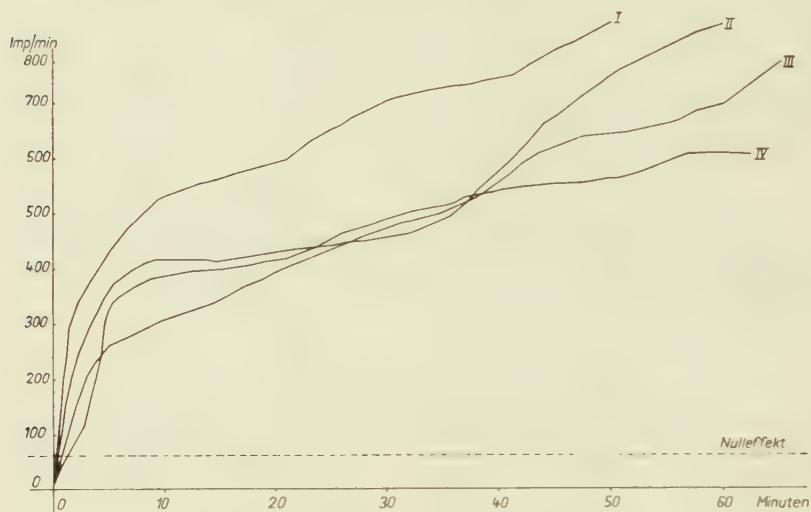


Abb. 11. Die Darstellung der Impulsraten von vier Versuchen mit P 32 bei verschiedener Lösungsaktivität.

Mittlerer Nulleffekt $59,5 \pm 4,9$ Imp/min

Lösungsaktivität:

Gemessen im:

I	5,2 $\mu\text{c/ml}$	2. Internodium	30,4 cm
II	4,0 $\mu\text{c/ml}$	2. Intern.	28,6 cm
III	3,4 $\mu\text{c/ml}$	3. Intern.	32 cm
IV	3,6 $\mu\text{c/ml}$	3. Intern.	34,5 cm

rasch erfolgt, daß schon nach 1–2 Minuten der Null-Effekt überschritten wird; d. h. in dieser kurzen Zeit gelangen die radioaktiven Isotope bis in die Höhe des Spaltes. Der weitere Anstieg der Impulsrate läßt auf eine stetige Zunahme des Phosphors im Querschnitt schließen, die aber, wie die Verflachung der Kurven in Abbildung 11 zeigt, langsam nachläßt.

Ferner kann festgestellt werden, daß die Steilheit der Kurve von der Aktivität der Ausgangslösung abhängig ist, was jedoch nur für die Anfangsgeschwindigkeit des Aufstiegs gilt (Abb. 11).

Bei anderen Versuchen wurde die Pflanze nach einer bestimmten Zeit aus der Indikatorlösung in Wasser überführt. Diese Experimente, ebenfalls mehrfach wiederholt, sind an zwei Beispielen in Abb. 12 dar-

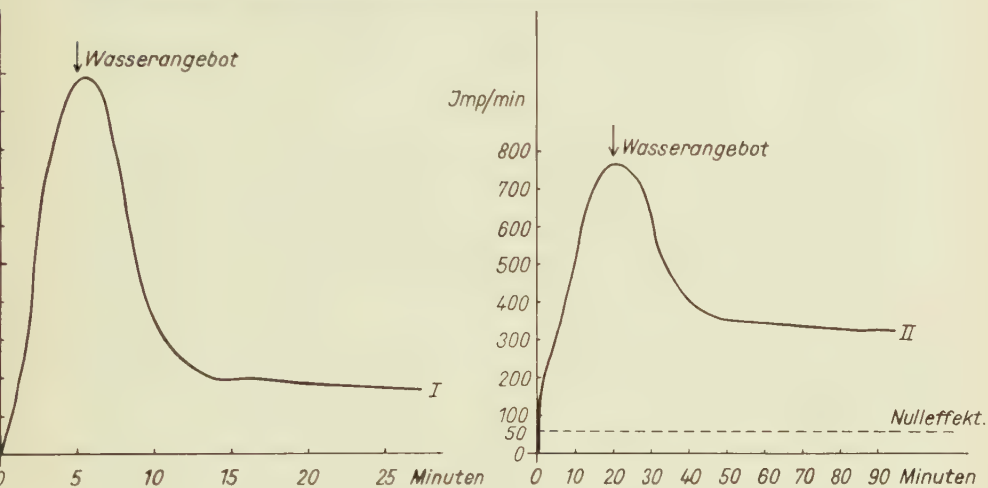


Abb. 12. Das Aufsteigen der radioaktiven Phosphorlösung, unterbrochen durch das Angebot von Wasser.

Nulleffekt	$61 \pm 5,3$ Imp/min	Nulleffekt	$60,0 \pm 4,9$ Imp/min
I Lösungsaktivität	$10,9 \mu\text{c/ml}$	II Lösungsaktivität	$3,8 \mu\text{c/ml}$
2. Internodium	26 cm	3. Internodium	23 cm

gestellt. Aus ihnen geht hervor, daß die Impulsrate nach dem Einstellen in das Wasser (in der Abb. mit einem Pfeil markiert) merklich absinkt und sich im weiteren Verlauf nahezu einem konstanten Wert nähert, der möglicherweise auf eine Art Gleichgewicht des im Querschnitt gespeicherten Phosphors und der noch transportierten Phosphoratome zurückzuführen ist.

b) Ringelungsversuche

In den folgenden Experimenten sollte die Ausbreitung des Indikators von den Gefäßen her untersucht werden. Die Methode der doppelten

Ringelung des Internodiums schien auch hier am geeignetsten, die Versorgung der Rinde allein von den Gefäßbündeln aus zu erfassen. Die Behandlung der Pflanze erfolgte dabei in derselben Weise wie bei den Ringelungsversuchen mit Fluoreszenzfarbstoffen (s. S. 423). Die Zählrohre standen in Höhe des geringelten Internodiums. Eine graphische Darstellung der registrierten Impulsraten ergibt prinzipiell dieselbe Kurvenform wie bei den Pflanzen ohne Ringelung (s. Abb. 13).

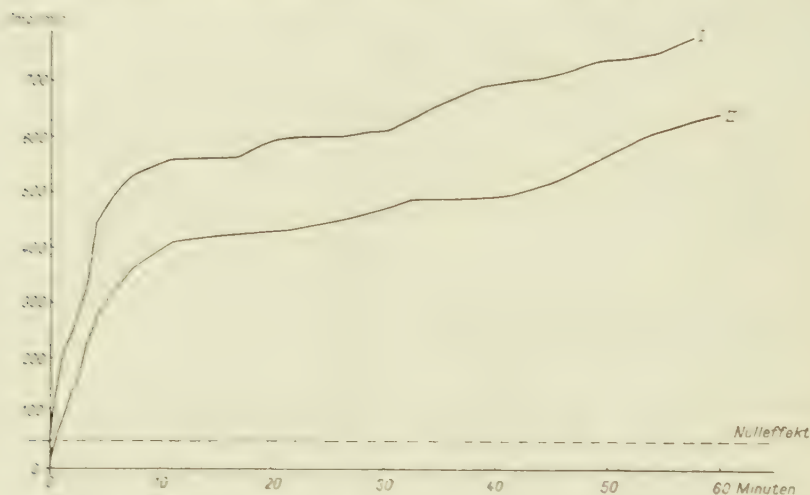


Abb. 13 Zwei Versuche mit doppelt geringelten Internodien. Die Impulsraten des P 32 sind in Höhe des geringelten Internodiums registriert.

Mittlerer Nulleffekt 58 ± 4.51 Imp./min

I. Lösungsaktivität	4.9 $\mu\text{c/ml}$	2. Intern.
II. Lösungsaktivität	3.8 $\mu\text{c/ml}$	2. Intern.

Im Kurvenverlauf bestand kein Unterschied zwischen geringelten und nicht vorbehandelten Pflanzen.

Vergleichsversuche mit radioaktivem Jod konnten hinsichtlich des Aufstiegens nicht ausgewertet werden, da die Abschirmung der Glocken-Zählrohre für die durchdringende Gamma-Strahlung des Jods

zu schwach war. Dadurch war nicht nur der Null-Effekt erhöht, sondern es wurden auch neben der Strahlung, die durch den Spalt in die Zählrohre eintritt, Impulse registriert, die aus anderen Teilen der Pflanze stammten. Auf diese Weise entstand eine nicht kontrollierbare Überlagerung der Impulsraten.

Erstreckt sich die Versuchszeit über mehr als 5–7 Stunden, so wird die Impulsrate annähernd konstant. Ihre Höhe ist wiederum abhängig von der Ausgangskonzentration der angebotenen Lösung.

c) Gelatineversuche

Als Ergänzung wurden auch hier mehrfach Versuche durchgeführt, bei denen die Gefäße der Pflanze mit Gelatine verstopft waren. Sie sollten die Versorgungsmöglichkeiten unter Ausschluß der Gefäßbündel anzeigen. Die Technik der Versuche war die gleiche wie bei den Fluoreszenzfarbstoffen (s. S. 423). Die Zählrohre waren in Höhe des ersten Internodiums etwa 10–15 cm oberhalb der basalen Schnittfläche eingestellt. Trotz stundenlanger Versuchsdauer bis zum Welken der Pflanze wurde bei Phosphor und Jod keine Erhöhung der Impulsrate über den Null-Effekt beobachtet. Vergleichsmessungen im zweiten und dritten Internodium zeigten dasselbe Ergebnis.

d) Rindenschälversuche

In Bezug auf die eigentliche Fragestellung ist aus den vorhergehenden Experimenten keine Aussage möglich, denn es konnte nicht gezeigt werden, ob der radioaktive Phosphor tatsächlich in die Rinde gelangt war. Zur Klärung dieses Problems wurden während der Ringelungsversuche vom geringelten Internodium etwa gleichgroße Rindenstückchen abgelöst und mit Hilfe einer Wannenzählkammer auf ihre Aktivität untersucht. Die Wannenzählkammer stellt ein Beta-Zählrohr mit einem großen, dünnen Fenster dar, das von einem starken Bleimantel umgeben ist.

Die Rindenstückchen wurden nach dem Einstellen der Pflanze in die Phosphor- bzw. Jodlösung zu verschiedenen Zeiten vorsichtig abgelöst, mikroskopisch untersucht und in einen dünnen Cellophanstreifen eingehüllt. Es kamen nur solche Rindenstückchen zur Überprüfung ihrer Radioaktivität in die Wannenzählkammer, bei denen die Untersuchung

ergab, daß sie frei von Sklerenchymteilen waren. Auch bei dieser Art der Messung erfolgte vorher die Ermittlung des Null-Effektes durch zehnmalige Bestimmung der Impulszahl pro Minute. Die Meßergebnisse sind aus der Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3

Die relativen Impulswerte der Rinde (gemessen in der Wannenzählkammer) bei Versuchen mit radioaktivem Phosphor und Jod.

	Zeit h	Nulleffekt Imp/min.	Ausgangslösung Lösungsaktivität Mikro/Curie	Rinden- Aktivität Imp/min.
P^{32}	3	48 ± 3.9	4.8	490
	6	52 ± 2.3	8.2	621
	12	51 ± 4.6	7.4	1360
	14	52 ± 3.7	10.1	3353
J^{131}	3	51.6 ± 5.2	5.28	327
	6	46.0 ± 4.1	6.8	436
	12	47.0 ± 5.4	8.7	912

Obwohl die angegebenen Impulsraten, die durch die Größe der Rindenstückchen und die Menge des in ihnen befindlichen Isotops bestimmt sind, nur eine qualitative Aussage zulassen, ist aus der Tabelle 3 eindeutig abzulesen, daß tatsächlich der Indikator in der Rinde vorhanden war. Die Geometrie der Anordnung sowie die Absorptionsverhältnisse sind bei dieser Versuchsanordnung anders als bei den Aufsteigversuchen, so daß kein absoluter Vergleich der jeweiligen Impulsraten möglich ist.

Rindenschälversuche an Pflanzen, bei denen die Gefäße mit Gelatine verstopft waren, erbrachten ein negatives Ergebnis. Die Meßwerte sind in der Tabelle 4 aufgezeichnet.

Tabelle 4

Die Impulsraten der Rinde (gemessen in der Wannenzählkammer) bei Experimenten an Pflanzen mit verstopften Gefäßen unter Verwendung von radioaktivem Phosphor und Jod als Indikator.

	Zeit h	Nulleffekt Imp/min.	Ausgangslösung Lösungsaktivität Mikro/Curie	Rinden- Aktivität Imp/min.
P^{32}	3	48 ± 4.2	5.1	47 ± 6.6
	6	46 ± 4.0	7.3	52 ± 3.8
	12	52 ± 5.0	6.9	51 ± 5.7
	14	51 ± 4.7	3.8	47 ± 4.3
J^{131}	3	46 ± 4.5	3.9	48 ± 4.4
	6	43 ± 4.6	4.2	49 ± 4.1
	12	46 ± 5.1	7.9	54 ± 5.8

Sie zeigen, daß die Aktivität der Rindenstückchen innerhalb der Schwankungsbreite des Null-Effektes liegen. Es konnte daher weder Phosphor noch Jod in der Rinde nachgewiesen werden.

e) Plasmolyse-Versuch

Um bei den Ringelungs- und Rindenschälversuchen Aufschluß zu erhalten, ob die doppelte Ringelung einen Einfluß auf die Turgeszenz der Rindenzellen hat, wurden in einem Parallelversuch Rindenstückchen des geringelten Internodiums nach 10, 12 und 16 Stunden abgelöst und in eine 0,5 molare $Ca(NO_3)_2$ Lösung gelegt. Die mikroskopische Untersuchung zeigte eine deutliche Plasmolyse, die durch Zusatz von Wasser wieder aufgehoben werden konnte.

Damit scheint erwiesen, daß für die Dauer des Versuches durch die doppelte Ringelung die Lebensfähigkeit der Rinde nicht beeinträchtigt war.

3. Kurze Zusammenfassung der Versuchsergebnisse mit radioaktiven Isotopen.

Die mehrfach wiederholten Versuche zeigen, daß die radioaktiven Indikatoren mit dem Transpirationsstrom rasch aufsteigen. Dies gilt auch dann, wenn (wie bei den Ringelungsversuchen) die theoretisch denkbare Versorgung außerhalb der Gefäßbahnen unterbrochen ist. Ein deutlicher Unterschied zwischen dem Aufstieg bei geringelten und unbehandelten Pflanzen war nicht festzustellen.

Die Steilheit des Kurvenanstiegs, durch die Höhe der jeweiligen Impulswerte angegeben, steht in Beziehung zur Aktivität der angebotenen Lösung. Der weitere Kurvenverlauf jedoch scheint von den Transpirationsbedingungen, dem Stengeldurchmesser und dem Wachstumszustand der Pflanze abzuhängen. Versuche, bei denen radioaktives Jod und Phosphor Pflanzen mit verstopften Gefäßen angeboten wird, ergeben, daß die Versorgung der Rinde in erster Linie durch die radiäre Ausbreitung gewährleistet wird.

Mit Hilfe der Rindenschälversuche wird der eindeutige Beweis der Anwesenheit von Phosphor und Jod in der Rinde erbracht. Damit ist die radiäre Ausbreitung der Isotope von den Gefäßen aus bis in die Rinde gekennzeichnet. Die an den abgeschälten Rindenstückchen ermittelten Impulswerte jedoch besitzen nur eine relative Bedeutung, da ihre Quantität unterschiedlich war. Für die Zielsetzung der Arbeit dürfte aber die qualitative Aussage genügen.

Es muß hier ferner darauf hingewiesen werden, daß die aus den Pflanzen austretende Beta-Strahlung vor ihrem Eintritt in das Zählrohrfenster vom Gewebe selbst teilweise absorbiert werden kann, so daß die wahre Impulsrate möglicherweise noch größer ist.

Zu erwähnen wäre noch, daß bei Verwendung höherer Lösungsaktivitäten schon nach 12–24 Stunden Anzeichen von Blattrandnekrosen auftreten, die auf eine Speicherung der Isotope in den Blättern hinweisen. Es ist daher auch in dieser Hinsicht bei der Beurteilung langandauernder Versuche Vorsicht geboten.

Allgemein kann gesagt werden, daß die Versuche mit radioaktiven Indikatoren die bei den Fluoreszenzfarbstoffen getroffenen Feststellungen bestätigen; auch hier gelangen die Indikatoren von den Gefäßen über das Sklerenchym in die Rinde.

IV. Diskussion der Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß sowohl die Fluoreszenzfarbstoffe wie die radioaktiven Isotope von den Gefäßen her über den Sklerenchymring hinweg in die Rinde gelangen. Damit ist aber zunächst nur der Wanderungsweg der Indikatoren bestimmt und es erhebt sich die Frage, ob diese Indikatoren nun tatsächlich auch den Weg ihres Lösungsmittels, also Wasser, eindeutig markieren.

HÜLSBRUCH (1956) macht gegen eine solche Methode schwerste Bedenken geltend. Sie entzog einer Wurzelzone mit hypertotonischer Saccharoselösung potetometrisch bestimmte Wassermengen. Das an derselben Stelle und gleichzeitig angebotene Berberinsulfat breitete sich in der Pflanze aber entgegen der Richtung der Wasserbewegung aus. Damit war der Nachweis geführt, daß das Berberinsulfat sich unabhängig von seinem Lösungsmittel bewegen kann. Auch für die radioaktiven Isotope kann eine solche autonome Wanderung angenommen werden. HÜLSBRUCH kommt so schließlich zu dem Ergebnis, daß die Markierung des Wasserweges in Parenchyemen mit den uns zur Zeit zur Verfügung stehenden Mitteln schlechterdings unmöglich ist.

Trotz dieser Kritik HÜLSBRUCHS an der auch von uns angewandten Methode sind wir der Meinung, daß sowohl die Fluoreszenzfarbstoffe, als auch die radioaktiven Isotope, zumindest in diesem speziellen Fall, die Richtung der Wasserbewegung angezeigt haben. Beide Indikatoren sind wasserlöslich und können somit nur mit Hilfe des Transportmittels Wasser durch den geschlossenen Sklerenchymring in die Rinde gelangen. Wenn aber die gelösten Substanzen einen solchen Weg einschlagen können, so ist es nicht einzusehen, weshalb das für das Wasser unmöglich sein sollte. Man ist somit wohl berechtigt, festzustellen, daß der Sklerenchymzylinder grundsätzlich für eine Wasserbewegung kein Hindernis darstellt. Damit ist allerdings noch nicht ausgesagt, daß die bevorzugte Versorgung der Rinde mit Wasser tatsächlich von den Gefäßen aus über den Sklerenchymzylinder hinweg erfolgt. Dies wird erst durch folgende, höchst einfache Beobachtung erwiesen. Durch eine doppelte Ringelung eines Internodiums wird eine Wasserversorgung der zwischen diesen Ringelungsstellen befindlichen Rinde von den Nodien her unmöglich gemacht. Wenn nun der Wassertransport nicht über den Sklerenchymzylinder ginge, so wäre jener Rindenabschnitt von jeglicher Wasserzufuhr abgeschnitten und müßte absterben. Bei allen Ringelungsversuchen konnte jedoch niemals ein Vertrocknen der Rinde beobachtet werden, obwohl die Versuchsdauer bis auf mehrere Tage ausgedehnt worden war. Auch die Plasmolyseversuche zeigen, daß die Rindenzellen zwischen beiden Ringelungsstellen nicht im geringsten geschädigt waren. Somit ist wohl der Schluß zulässig, daß die Versorgung der Rinde mit Wasser und Mineralstoffen von den Gefäßen über den

Sklerenchymring erfolgt und andere denkbare Wege sicherlich nur eine untergeordnete Rolle spielen.

V. Zusammenfassung

1. Die Fluorochrome und die radioaktiven Isotope gelangen von den Gefäßen aus durch den Sklerenchymzylinder in die Rinde.

2. Der mögliche Ausbreitungsweg von den Nodien aus zur Rinde, unabhängig von den Gefäßbahnen, kann mit keinem der Indikatoren nachgewiesen werden.

3. Die Isotope und die Fluoreszenzfarbstoffe markieren in diesem speziellen Falle auch die Bewegungsrichtung des Wassers.

4. Somit ergibt sich, daß der bevorzugte Versorgungsweg von den Gefäßen über den Sklerenchymring in die Rinde führt.

5. Der leblose Sklerenchymring stellt dabei kein Hindernis für die Wasser- und Mineralstoffausbreitung dar.

VI. Literaturverzeichnis

- BAUER, L.: 1953, Zur Frage der Stoffbewegungen in der Pflanze mit besonderer Berücksichtigung der Wanderung von Fluorochromen. *Planta*, **42**, 367—451.
- BIDDULPH, O., und MARKLE, J.: 1944, Translocation of P 32 in the phloem of the cotton plant. *Amer. Journ. Bot.* **31**, 65—70.
- BURRIS, R. H.: 1950, Isotopes as tracers in plants. *Bot. Rev.* **16**, 150—180.
- HÖBER, R.: 1926, *Pysikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*. 6. Aufl. Leipzig.
- HÜLSBRUCH, M.: 1954, Zum extrafaszikulären Wasserweg in der Wurzel. *Planta*, **43**, 566—570.
- HÜLSBRUCH, M.: 1956, Die Wasserleitung in Parenchymen, *Handbuch der Pflanzenphysiologie III*, 522—540, Berlin.
- MARTIN, R. P., und RUSSEL, R.: 1950, Studies with radioactive tracers in plant nutrition, II. The stimulation of radioactive tracers. *J. exper. Bot.* **1**, 141—158.
- MASON, T. G., und PHILLIS, E.: 1937, The migration of solutes. *Bot. Rev.* **3**, 47—71.
- MEYER-SCHÜTZMEISTER, L.: 1950, Die physikalischen Voraussetzungen für das Arbeiten mit künstl. radioaktiven Substanzen. *Naturwissensch.* **37**, 501—517.
- OVERBEEK, J., van: 1942, Water uptake excised root systems of the tomato due to non osmotic forces. *Amer. J. Bot.* **29**, 677—683.
- SCHUMACHER, W.: 1930, Untersuchungen über die Lokalisation der Stoffwanderung in den Leitungen höherer Pflanzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **73**, 770—823.

- SCHUMACHER, W.: 1947, Zur Frage nach den Stoffbewegungen im Pflanzenkörper. Naturwissensch. **6**, 34.
- SCHWIEGK, H., u. a.: 1953, Künstliche radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie. Berlin.
- STRUGGER, S.: 1939, Die lumineszenz-mikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. Biol. Zbl. **59**, 409—442.
- STRUGGER, S.: 1943, Der aufsteigende Saftstrom in der Pflanze. Naturwissensch. **31**, 181—194.
- STRUGGER, S.: 1949, Praktikum der Zell- und Gewebsphysiologie der Pflanze. 2. Aufl. Berlin.
- STRUGGER, S.: 1949, Fluoreszenzmikroskopie und Mikrobiologie. Hannover.
- STRUGGER, S.: 1955, Zur fluoreszenzmikroskopischen Analyse des extrafaszikulären Wasserweges in der Avena-Koleoptile. Planta. **45**, 549—556.
- STOUT, P. R., und HOAGLAND, D. R.: 1939, Upward and lateral movement of salt in certain plants as indicated by radioactive isotopes of potassium, sodium and phosphorus by roots. Amer. Journ. Bot. **26**, 320—324.
- TIETZ, H.: 1954, Der mit P 32 markierte Diäthylthionophosphorsäureester des β -Oxäthyl-thioäthyläthers (Wirkstoff des systemischen Insektizides „Systox“), seine Aufnahme in die höhere Pflanze und sein Wanderungsvermögen. Höfchen-Briefe („Bayer“ Pflanzenschutz-Nachrichten), 1—56.

Lebenslauf

Am 29. 5. 1925 wurde ich als Sohn der Lehrerseheleute ALBIN und ANNA HEINRICH in Rodisfort Krs. Karlsbad geboren. Nach 4 Klassen Volksschule in Grasengrün und Wotsch besuchte ich seit dem Schuljahre 1935/36 das Staatsrealgymnasium in Kaaden. 1941/42 trat ich infolge Versetzung meines Vaters in die Oberschule für Jungen in Karlsbad ein. Die 8. Klasse mußte ich in der Oberschule für Jungen in Elbogen absolvieren, da ein großer Teil der Abiturienten schon zur Wehrmacht eingezogen war. Am 15. März 1943 legte ich die Reifeprüfung ab. Ich meldete mich sodann als Offiziersanwärter zur Kriegsmarine und kam nach der Kadetten- und Fähnrichschule 1944 zum Fronteinsatz. 1945 wurde ich verwundet und geriet in russische Gefangenschaft. Nach meiner Entlassung, heimatlos geworden, begann ich im Winter 1945/46 als Werkstudent mein Studium an der Universität Erlangen. Ich belegte im Laufe von 15 Semestern Vorlesungen und Praktika in den Studienfächern Naturwissenschaften, Medizin und Philosophie. 1948 mußte ich wegen finanzieller und gesundheitlicher Schwierigkeiten kurze Zeit mein Studium unterbrechen. Am 4. Juni 1949 heiratete ich die med. und chem.-techn. Assistentin LIANNE ABB. Aus dieser Ehe wurde mir am 1. 1. 1950 meine Tochter WALDTRAUT geboren. 1949/50 nahm ich mein Studium wieder auf und belegte Naturwissenschaften und Philosophie. Seit 1951 bin ich berufstätig bei der Firma J. E. MOSER, Elektromedizin in Erlangen. Nach 11 Fachsemestern Naturwissenschaften konnte ich 1957 meine Promotionsarbeit beenden.

Erlangen, den 4. März 1958

ALBIN HEINRICH

